

何林课题组在《Nature Communications》发表论文

近日，物理系高等量子研究中心何林教授课题组与苏州大学物理学院江华教授合作，利用极低温超高真空强磁场扫描隧道显微镜在双层石墨烯 AB-BA 堆垛畴壁上，首次直接观测到了一维的拓扑边界态。相关研究成果近日刊发在国际顶级学术期刊之一《Nature Communications》（《自然》子刊）上。何林教授指导的物理系博士生殷隆晶与苏州大学物理学院江华教授为文章的并列第一作者，何林教授为通讯作者。

寻找具有拓扑保护边界态的材料体系是凝聚态物理和材料物理的前沿研究热点，这些拓扑边界态在传输载流子时具有极低的耗散，在未来电子学器件中有巨大的应用前景。理论计算表明双层石墨烯的 AB-BA 畴界就能提供这样的拓扑边界态。双层石墨烯最常见的是形成 AB 堆垛（即 Bernal 型）双层石墨烯。此时，通过调制双层石墨烯上下两层不同的势，可以实现能带调控，从而在导带和价带之间打开一个能隙，使石墨烯表现出半导体的属性。理论计算表明在 AB 堆垛双层石墨烯两个相邻区域上下两层加方向相反的势会在两个区域产生方向相反的能隙，而在两个区域的畴界处会产生拓扑保护的边界态。随后的理论证明两个相邻的 AB 和 BA 堆垛区域的畴界处也有拓扑保护的边界态。然而，实验上想要制备具有上述畴壁样品，并且精确地测量其拓扑边界态是极具挑战性的。过去两年，何林教授在北京师范大学 985 经费的支持下在物理系搭建了极低温超高真空强磁场扫描隧道显微镜，他们通过强磁场下的扫描隧道谱深入系统研究了双层石墨烯的朗道量子化行为，发展了一套利用扫描隧道显微镜和扫描隧道谱来判断石墨烯层数和堆垛方式的方法，并首次系统测量了双层石墨烯朗道能级在边界的弯曲。这一系列工作为后续在双层石墨烯方面的研究取得突破性进展奠定了良好的基础。

最近，何林教授与其指导的博士生殷隆晶和乔佳斌，借助高分辨的扫描隧道显微镜 (STM)，成功探测到了双层石墨烯中的 AB-BA 畴壁（图 1），并利用扫描隧道谱技术首次得到了畴壁上拓扑边界态的空间分布图（图 2）。通过原子级分辨的扫描隧道显微镜的形貌图，他们发现所研究的 AB-BA 堆垛畴壁大约有 8 nm 宽。同时，通过具有高能量分辨率与高空间分辨率的扫描隧道谱测量，他们发现导电的拓扑边界态主要分布在畴壁的边缘上，并且在强磁场下 (~8 T) 依然能够稳定存在，相关实验结果和他们理论模拟的结果完美地吻合。该研究直接证实了双层石墨烯 AB-BA 畴壁中拓扑边界态的存在，基于该体系有望实现各种低能耗的功能电子器件。相关工作作为石墨烯在未来微纳电子器件中的应用开辟了崭新的道路。

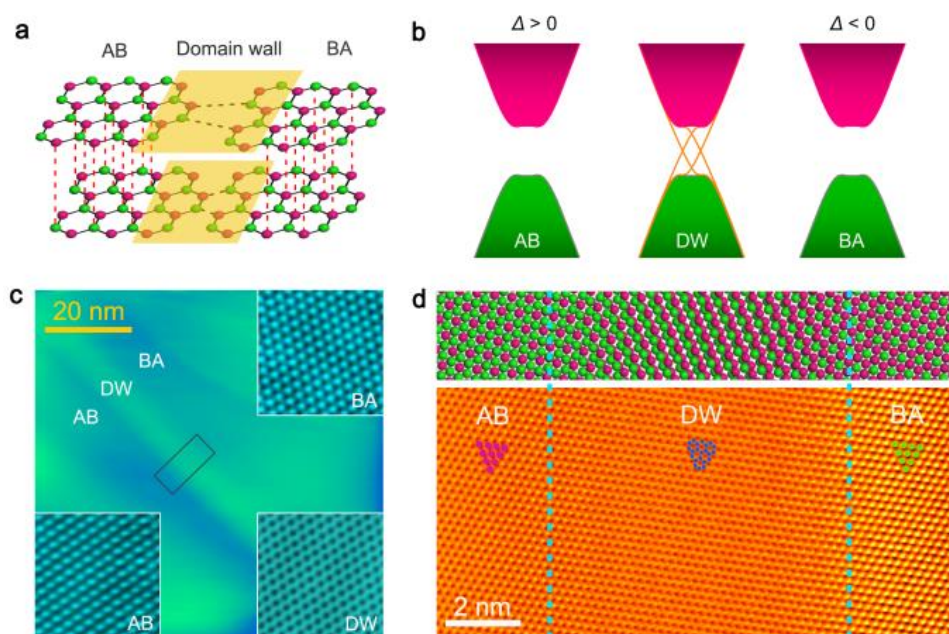


图 1. (a) 双层石墨烯 AB-BA 堆垛畴壁空间结构和(b) 能带结构示意图。(c) AB-BA 畴壁 STM 形貌图。插图
为不同区域的原子级形貌图。(d) 横跨畴壁的原子图。

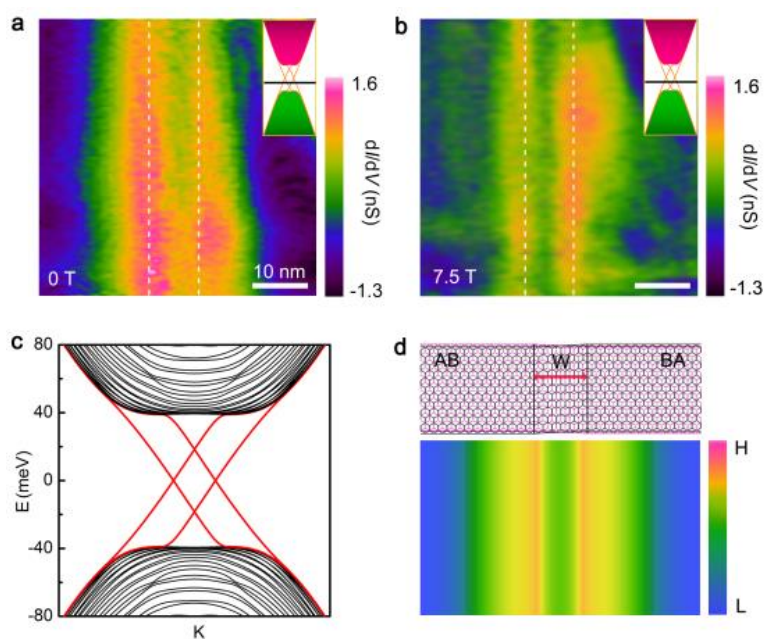


图 2. (a)和(b) 不同磁场下，AB-BA 畴壁上固定能量处的拓扑边界态的实空间分布图。(c)和(d) 理论计算的
AB-BA 拓扑边界态能带结构和空间分布。

这项工作得到了国家自然科学基金委、科技部国家重点基础研究发展计划、中组部“万人计划”青年拔尖人才支持计划和北京师范大学的经费支持。

文章详细信息: L.-J. Yin, H. Jiang, J. B. Qiao, and L. He*, “Direct imaging of topological edge states at a bilayer graphene domain wall”. **Nature Commun.** Vol: 7, PP. 11760 (2016). doi: 10.1038/ncomms11760
<http://www.nature.com/ncomms/2016/160617/ncomms11760/full/ncomms11760.html>